心理科学进展 2023, Vol. 31, No. 9, 1560–1568
Advances in Psychological Science

https://doi.org/10.3724/SP.J.1042.2023.01560

·研究构想(Conceptual Framework)·

自我控制减少拖延行为的认知神经机制*

张顺民　李柯蒨

(浙江大学心理与行为科学系, 杭州 310058)

摘　要　拖延行为常常阻碍个人、企业和政府按时完成既定任务, 妨害了人们的工作、学业以及疾病防治等方方面面。自我控制是自主减少拖延行为的主要能力, 但却是一种相对有限的认知资源。探明自我控制的作用机制有助于更高效地减少拖延行为。然而, 由于缺乏合适的认知机制理论和脑成像实验范式, 国内外研究多从现象层面探索自我控制、拖延行为和神经指标之间的关系。研究团队提出的"时间决策模型"通过揭示人们如何做出拖延决策, 为认知机制的研究和脑成像实验范式的设计提供了理论支持。基于时间决策模型中"现在做还是以后做"的决策机制, 本项目拟: (1)结合横向和纵向研究, 考察自我控制作用的认知机制及其稳定性; (2)开发拖延的脑成像实验范式, 结合多模态 MRI 技术, 揭示自我控制减少拖延决策的神经基础; (3)利用神经刺激技术, 考察"基于自我控制脑区的神经干预"的效果及作用机制。研究成果有望为拖延行为提供更加综合的理论框架和新的干预方案。

关键词　自我控制, 拖延行为, 延迟折扣, 认知机制, 神经基础
分类号　B848

1　问题提出

拖延行为妨碍着人们生活中的方方面面(Klingsieck, 2013), 包括工作(Metin et al., 2018)、学业(Balkis, 2013)、睡眠(Chung et al., 2020)、运动计划(Kelly & Walton, 2021)以及疾病防治(Sirois, 2015)。数据显示, 65%的成年人至少在生活的某一个方面受到了拖延的困扰, 而 25%的成年人则在四个及以上的方面为拖延所苦恼(Hen & Goroshit, 2018)。拖延行为不仅困扰着几乎全年龄段的个体(Beutel et al., 2016; Ferrari & Roster, 2018), 还影响着不同文化和国家的人们(Steel & Ferrari, 2013), 甚至还能够通过遗传和家庭教育危害到下一代(Gustavson et al., 2014; Khalid et al., 2019)。由此可见, 探明如何减少拖延行为对个体与社会而言至关重要。

良好的自我控制能力有望长效地减少拖延行为。自我控制是人们实现长远目标的一种重要能力, 但却是一种相对有限的认知资源(Baumeister et al., 2007)。研究显示, 自我控制能力较强的个体具有较低的拖延倾向(Przepiórka et al., 2019)。元分析的结果也证实, 个体的自我控制能力是预测拖延行为最主要的人格变量(Steel, 2007; Steel & Klingsieck, 2016; Eerde, 2003)。尽管如此, 自我控制减少拖延行为的机制却仍不清楚。早期的拖延理论虽然强调拖延是自我控制失败的结果, 但却并未论述自我控制如何减少拖延行为(Sirois & Pychyl, 2013; Tice & Bratslavsky, 2000)。此外, 早期的拖延理论由于并不清楚拖延的核心认知机制, 也难以为研究自我控制如何减少拖延行为提供理论框架(Zhang & Feng, 2020; Zhang, Liu et al., 2019; 张顺民, 冯廷勇, 2017a)。因此, 目前的理论成果尚无法指导如何高效地利用自我控制能力减少拖延行为(Grunschel et al., 2018; Visser et al., 2017)。由此可见, 为了高效地发挥自我控制的作用, 探明自我控制如何减少拖延行为十分必要。

自我控制减少拖延行为的神经基础仍不清楚。由于缺乏合适的实验室范式, 多数研究依赖

收稿日期: 2023-1-20
* 国家自然科学基金青年项目(32100870)资助。
通信作者: 张顺民, E-mail: shunmin@zju.edu.cn

于静息态或结构态 MRI 技术考察拖延相关的神经基础。研究发现个体的高拖延倾向与腹内侧前额叶(vmPFC)、外侧前额叶(lPFC)等区域的指标异常有关(Liu & Feng, 2017; Wu, Li et al., 2016; Zhang et al., 2016)。由于 vmPFC 和 lPFC 是负责自我控制相关能力的主要脑区(Bechara et al., 2006; Tanji & Hoshi, 2008)。研究者们推测自我控制可能通过 vmPFC 和 lPFC 减少拖延行为(Chen & Feng, 2022; Zhang, Liu et al., 2019)。然而, 由于实验范式的缺乏, 研究者难以进一步验证这一猜想。少量研究虽然尝试借助其他领域的任务范式, 但仍然难以较为生态地模拟拖延行为(Wypych et al., 2019; 倪亚琨 et al., 2019)。由此可见, 合适的脑成像实验范式对于深入探究自我控制减少拖延行为的神经基础必不可少。

2　国内外研究现状

2.1　拖延行为的认知机制

2.1.1　拖延早期理论

情绪调节观点(emotion-regulation perspective)和时间动机理论(the temporal motivation theory)是能够较好解释拖延行为的早期理论。情绪调节观点认为拖延是一种应对任务厌恶的消极策略(Sirois & Pychyl, 2013)。这种消极策略的表现为: 明知不利于长远目标, 仍推迟任务以暂时性地回避执行任务的负性情绪。另一方面, 时间动机理论认为延迟折扣效应(delay discounting effect)使人们对任务远期结果的考虑不足, 从而选择了拖延(Steel & König, 2006)。根据延迟折扣效应, 远期结果对任务的促进作用会随着其延迟时间的增加以双曲线的形式折扣。因此, 个体只有在足够临近截止日期时才会充分地意识到远期结果的价值, 选择执行任务。

2.1.2　拖延的时间决策模型

时间决策模型整合了情绪调节观点和时间动机理论(Zhang, Liu et al., 2019; 张顺民, 冯廷勇, 2017a)。时间决策模型利用决策效用(decision utility)表示执行/不执行任务的意愿强度。决策效用为正表示愿意执行任务; 而决策效用为负表示不愿意执行。决策效用的数值越大表示意愿越强。

在某一时间点 t, 执行某任务的决策效用主要取决于以下两种效用的综合影响:

(1)过程效用(process utility): 执行任务的主观体验(愉悦程度/不愉悦程度);

(2)结果效用(outcome utility): 个体对任务结果的主观价值(喜欢程度/不喜欢程度)。

时间决策模型根据过程效用和结果效用对任务执行的作用确定其符号的正负。过程效用或结果效用促进任务执行时为正, 而阻碍任务执行时为负。分析可知, 只有过程效用为负而结果效用为正时(例如: 写论文), 推迟任务才符合拖延行为的定义。此时, 个体的决策效用取决于负性过程效用与正性结果效用之间的竞争结果:

$$\text{决策效用}_{(t)}=\frac{E_{\text{结果}}\times V_{\text{结果}}}{1+\Gamma_{\text{结果}}\times D_{\text{结果}}}-\beta\times\frac{E_{\text{过程}}\times V_{\text{过程}}}{1+\Gamma_{\text{过程}}\times D_{\text{过程}}}\quad(1)$$

公式 1. 是否拖延的决策效用取决于负性过程效用和正性结果效用的竞争结果。E 代表期望, V 代表价值, Γ 代表个体对于延迟时间的敏感性。D 代表延迟时间。其中 $D_{\text{过程}}$表示任务的延迟时间, 而 $D_{\text{结果}}$表示是任务执行的时间点 t 与结果兑现日期的距离。β 表示过程效用与结果效用的作用转换系数。

拖延决策模型突显的是现在自我与未来自我的矛盾。现在自我不愿意承受任务的负性过程, 希望推迟任务; 而未来自我则需要对任务的执行结果负责, 希望尽早完成任务。考虑立即执行任务时, 任务过程对于现在自我而言是即时的, 而任务结果是延迟的(图 1 左)。此时, 现在自我将会感受到极高的负性过程效用, 却只能感受到较低的正性结果效用, 因此不愿意立即执行。而考虑以后执行时, 由于自利偏差, 现在自我更多地关注“现在自我的负性过程效用”和“未来自我的正性结果效用” (图 1 右)。此时, 随着任务被推迟得越远, 现在自我所感受到的负性过程效用越低, 而预期未来自我所感受到的结果效用会相对更高。因此, 现在自我会觉得“以后再做”是不错的选择。目前的研究不仅验证了时间决策模型提出的现在不做以后再做的认知机制(Zhang & Feng, 2020), 也揭示了任务效用评估的神经基础(Zhang et al., 2021)。时间决策模型利用决策的视角综合地阐述了拖延行为的认知机制, 能够为研究自我控制如何减少拖延行为提供理论框架。

2.2　拖延的神经基础

尽管有研究指出: 结合任务态、静息态和结构态的多模态 MRI 技术(multimodal magnetic resonance imaging technique)进行交互验证有助于

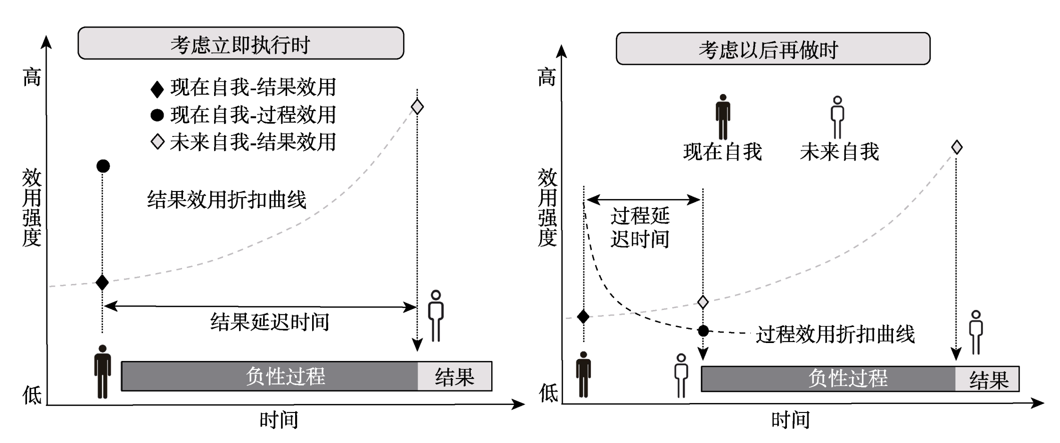


图 1 效用强度与延迟时间的函数关系

确认更具稳定性的拖延神经基础(张顺民, 冯廷勇, 2017b)。然而, 由于缺少生态的拖延脑成像实验范式, 拖延神经基础的探索主要依赖于静息态 fMRI 和结构态 MRI 指标(voxel-based morphometry, VBM), 只有少量的结果得到了任务态的交互验证。静息态和结构态交互验证的结果主要集中于海马旁回(parahippocampal gyrus, PHG)、腹内侧前额叶(vmPFC)和外侧前额叶(lPFC) (Zhang, Liu et al., 2019)。此外, 大样本的研究还发现前脑岛(anterior insula)的灰质体积与个体的拖延倾向存在正相关(Chen et al., 2019)。随后的任务态 fMRI 研究也交互验证了这一结果, 发现任务评估时的杏仁核与前脑岛的功能连接(the amygdala-insula connection)能够中介负性过程效用对任务拖延的影响(Zhang et al., 2021)。

由于海马旁回是负责预期想象(episodic prospection)的核心脑区之一, 研究者们推测海马旁回通过预期想象的能力影响拖延行为(Chen & Feng, 2022; Zhang, Liu et al., 2019)。利用不同神经指标和不同模态的脑成像技术, 研究者们都发现个体的拖延倾向与海马旁回存在关联(Hu et al., 2018; Liu & Feng, 2019; Zhang et al., 2016)。基于任务态 fMRI 的研究也确认了海马对拖延行为的影响(Zhang, Becker et al., 2019; Zhang et al., 2021)。此外, 海马与纹状体的功能连接(the hippocampus-striatum connection)也能够显著地中介任务远期结果对拖延行为的影响。

由于腹内侧前额叶(vmPFC)和外侧前额叶(lPFC)都是负责自我控制的主要脑区, 研究者们推测腹内侧前额叶(vmPFC)和外侧前额叶(lPFC)通过自我控制的能力影响拖延行为(Chen & Feng, 2022; Zhang, Liu et al., 2019)。静息态和结构态交互验证的结果显示, 腹内侧前额叶(vmPFC)及外侧前额叶(lPFC)与个体的拖延倾向有着稳定的联系(Chen et al., 2019; Liu & Feng, 2017; Zhang, Liu et al., 2019)。功能连接的结果也显示, 高低拖延个体的差异集中于腹内侧前额叶(vmPFC)与背外侧前额叶(dlPFC)之间的功能连接(Wu, Gui et al., 2016; Zhang et al., 2016)。

2.3 自我控制与拖延行为

自我控制被认为是帮助个体实现长远目标的一种能力(Baumeister et al., 2007)。具体而言, 研究者们认为反应抑制、延迟满足以及情绪调节等行为都体现了自我控制能力。尽管大量研究都证实自我控制能够减少拖延行为(Rebetez et al., 2016; Steel, 2007), 但自我控制如何减少拖延行为却仍不清楚。虽然早期理论都强调拖延行为是一种自我控制失败, 但这些理论并没有进一步论述自我控制如何影响拖延行为(Steel & Ferrari, 2013; Steel & König, 2006)。目前, 脑成像研究只考察了与个体自我控制能力和拖延倾向同时存在关联的功能连接(Xu et al., 2021)。该研究发现: 背外侧前额叶(dlPFC)的功能链接能够中介自我控制能力对个体拖延倾向的影响。由此可见, 自我控制很可能通过背外侧前额叶(dlPFC)等区域减少拖延行为。然而, 由于缺乏拖延的脑成像实验范式, 以往研究未能深入地揭示自我控制减少拖延行为的神经基础。

3 研究构想

本项目拟采用拖延的时间决策模型作为理论

框架(Zhang, Liu et al., 2019; 张顺民, 冯廷勇, 2017a), 从认知机制和神经基础两个方面系统地考察自我控制如何减少拖延决策。结合时间决策模型和自我控制的作用方式(Hofmann, Friese, & Roefs, 2009)推测可知, 自我控制可能有三条减少拖延决策的途径(见图 2)。

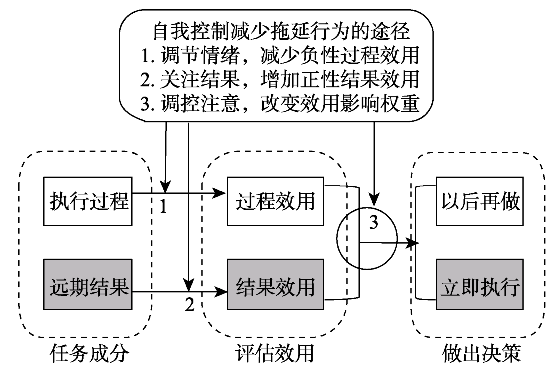


图 2　自我控制减少拖延决策的理论框架

途径 1: 调节负性情绪, 通过降低负性过程效用减少拖延。

途径 2: 关注任务结果, 通过增强正性结果效用减少拖延。

途径 3: 调控注意分配, 通过决策时更少地注意负性过程或者更多地注意正性结果减少拖延。

自我控制的作用途径应该分别对应着不同的神经模式。当自我控制通过途径 1 作用时, 高自我控制的个体在效用评估时可能会涉及更强的前额叶与情绪脑区的拮抗关系(Morawetz et al., 2017), 从而形成更低的负性过程效用。当自我控制通过途径 2 作用时, 高自我控制的个体在效用评估阶段可能有着更多前额叶脑区与奖赏脑区的协同(Hare et al., 2009), 从而形成更高的正性结果效用。当自我控制通过途径 3 作用时, 高自我控制的个体可能在决策阶段表现出更强的前额叶与工作记忆脑区的协同作用(Osaka et al., 2004), 从而间接影响情绪脑区或者奖赏脑区的神经活动。

3.1　研究 1: 自我控制减少拖延决策的认知机制及其稳定性

虽然已有研究证实拖延依赖于对负性过程效用和正性结果效用的权衡(Zhang & Feng, 2020), 但自我控制在其中的作用机制仍不清楚。研究一将着重揭示自我控制减少拖延决策的认知机制(研究 1a), 并检验自我控制作用机制的稳定性(研究 1b)。

3.1.1　研究 1a: 自我控制减少拖延决策的认知机制

研究 1a 拟结合自我控制问卷和拖延决策范式, 利用模型比较考察自我控制减少拖延决策的认知机制。结合本研究的理论框架(见图 2)可知, 自我控制能力可能有多种减少拖延决策的途径。研究 1a 拟通过比较三组模型确定自我控制的高效途径。模型组一假设: 自我控制通过途径 1、2 减少拖延(即改变过程效用或结果效用)。模型组二假设: 自我控制只通过途径 3 调节任务效用对拖延决策的影响权重减少拖延。模型组三假设: 自我控制可以同时通过途径 1、2 和 3 减少拖延决策。三组模型下均设有更具体的子模型以考虑各种更具体的情况。

自我控制能力通过问卷测量(Tangney et al., 2004), 而任务效用和拖延决策利用拖延决策范式测量。拖延决策范式使用被试计划执行的真实任务事件(例如: 考试复习)以及促进任务执行的主要远期结果(例如: 取得好成绩)作为个性化的刺激材料。为了专注研究拖延行为, 本研究拟选取过程效用可能为负而结果效用可能为正的任务事件, 收集任务的过程效用、结果效用以及决策效用。

3.1.2　研究 1b: 自我控制作用机制的稳定性

研究 1b 将在研究 1a 的基础上, 通过经验取样法追踪不同自我控制作用方式减少拖延行为的效果, 从而考察自我控制作用机制的稳定性。经验取样法是一种纵向数据收集方法, 采用重复抽样的方式, 多次收集人们在较短时间内对生活中经历的事件的瞬时评估, 具有良好的信度和较高的生态效度(Csikszentmihalyi & Larson, 2014)。本研究预期每名被试追踪至少 30 天。其中自我控制方式利用简短的问卷测量。该问卷将考察个体调节负性情绪、关注任务结果的倾向以及做出拖延决策的难易度。拖延行为拟通过个体按计划完成任务的程度进行衡量。此外, 本研究还将询问被试是否因为正当原因未能完成计划, 以排除特殊情况的影响。

3.2　研究 2: 自我控制减少拖延决策的神经基础及神经刺激

尽管研究者们推测了自我控制减少拖延行为的可能脑区(Chen & Feng, 2022; Zhang, Liu et al., 2019), 但尚未有研究系统地检验这一推测。研究二将基于时间决策模型开发拖延决策的脑成像实

验范式，结合多模态 MRI 技术深入考察自我控制减少拖延决策的神经基础(研究 2a)；同时采用神经刺激技术，检验基于自我控制脑区的神经干预减少拖延决策的效果及机制(研究 2b)。

3.2.1 研究 2a：多模态 MRI 交互验证自我控制减少拖延决策的神经基础

研究 2a 将基于时间决策模型，开发能够生态地模拟任务评估(过程效用和结果效用)和拖延决策的脑成像实验范式并结合多模态 MRI 技术考察自我控制减少拖延决策的神经基础。

由于拖延决策范式依赖于主观报告(Zhang & Feng, 2020)，容易引入额外的认知过程，从而混淆任务评估和拖延决策的神经活动。因此，本研究将操纵目标任务的负性过程效用和正性结果效用设计新的实验室范式。具体而言，研究将设置难度较大但有金钱奖励目标任务，以及轻松但无金钱奖励的干扰任务。通过目标任务的难度操纵负性过程效用，而通过改变数点任务的奖金大小操纵任务的正性结果效用。被试可以自由选择目标任务和干扰任务。当被试选择目标任务时，可以认为其选择了“立即执行”；而选择干扰任务时，则认为其选择了“拖延”目标任务。

在任务态 fMRI 以外，研究还将结合静息态和结构态 MRI 交互验证检验结果的稳定性。任务态 fMRI 将结合问卷测量和拖延决策的脑成像实验范式确认自我控制减少拖延决策的神经基础，而静息态 fMRI 和结构态 MRI 则通过自我控制问卷和拖延问卷确认二者共同的神经基础。

3.2.2 研究 2b：基于自我控制脑区的神经刺激

研究 2b 将在研究 2a 的基础上，利用神经刺激技术增强自我控制脑区的神经元兴奋性，考察作用效果及机制。研究将利用高精度经颅直流电刺激技术(high-definition transcranial direct current stimulation, HD-tDCS)刺激自我控制的相关脑区(例如: dlPFC 或 vmPFC)。采用组别×前后测(实验组/对照组×神经刺激前测/后测)的被试内设计，考察任务效用和拖延决策的变化。探索神经刺激的作用有助于了解自我控制的脑区如何改变拖延决策并且为神经干预提供参考。

4 理论构建

时间决策模型(temporal decision model)通过阐述个体“现在做还是以后做”的决策机制，揭示了拖延行为的核心认知机制(张顺民，冯廷勇，2017a)。目前，时间决策模型对拖延的解释已得到验证(Zhang & Feng, 2020)。由于揭示了核心的认知机制，时间决策模型不仅有助于理解拖延行为，也能够为研究不同的拖延影响因素(例如：自我控制能力)提供理论框架(Zhang, Liu et al., 2019)。而拖延行为核心认知机制的揭示也能够为设计更合适的脑成像实验范式提供理论指导(Zhang, Becker et al., 2019; Zhang et al., 2021)。

在缺少外部监督的情况下，许多人都有着严重的拖延行为(Arifiana et al., 2020; Wang et al., 2020)。作为自主减少拖延的主要能力，良好的自我控制对提高学习工作效率而言至关重要。然而，自我控制却是一种相对有限的认知资源(Baumeister et al., 2007)。因此，有必要考察自我控制的作用机制，以便高效地减少拖延行为。具体而言，自我控制可能有三条影响拖延行为的途径(见图 2)。途径 1：减少负性过程效用；途径 2：增加正性结果效用；途径 3：调节决策时的注意分配，影响不同效用在决策中的作用权重。探明自我控制的作用机制能够为拖延干预的开发提供理论指导。如果途径 1 更为有效，拖延干预应该更多借鉴情绪调节的训练方案(Eckert et al., 2016)。如果途径 2 更为有效，目标管理的能力训练可能更值得参考(Gustavson & Miyake, 2017)。如果途径 3 更为有效，拖延干预可以更多地考虑针对注意调控的训练方式(例如：冥想)。鉴于以往拖延干预研究缺乏系统的理论参考(Eerde & Klingsieck, 2018)，深入探究自我控制的作用机制势在必行。

神经机制的揭示能够加深对自我控制作用机制的理解。自我控制拥有复杂的内在结构，难以从行为层面形象地揭示其作用机制。而认知神经科学中的双系统理论(dual-system theories)则能够提供更为具体的视角(Evans & Stanovich, 2013; Hofmann, Friese, & Strack, 2009)。双系统理论认为大脑中存在两个不同的系统分别负责产生冲动和执行自我控制。总体而言，双系统理论认为皮层下的区域，包括中脑与边缘系统，负责产生冲动，并表征较近未来的快感和苦痛；而位于前额叶的区域则负责执行自我控制，并负责考虑长远的未来。而自我控制减少拖延行为的机制可以通过两个系统的具体作用模式更清楚地体现。从应用角度而言，神经机制的揭示能够为神经干预提

供作用靶点。目前拖延的神经机制研究仍多依赖于静息态与结构态 fMRI (Chen et al., 2021; Zhang et al., 2019), 无法提供精细的参照靶点。本项目所开发的实验室范式将能帮助每名拖延个体定位各自的神经靶点。随着个性化干预的需求不断增长(Klingsieck, 2013), 更有针对性的神经刺激有望成为拖延干预的未来趋势。

目前拖延领域已经发现了许多影响因素(Procee et al., 2013)。在任务特征方面, 任务厌恶、延迟时间、任务的组织结构等都对拖延行为有影响。在人格特质方面, 尽责性、冲动性、自我效能感、神经质等与个体的拖延倾向有着稳定的关联(Steel, 2007)。随着所发现的影响因素增多, 如何解释众多影响因素的作用机制成为了一个新的难题。在时间决策的理论框架中, 各种因素的特征可以被包含在过程效用与结果效用之中。例如, 缺乏自主性、挫折感以及无聊感都可能是增加负性过程效用的任务特征(Blunt & Pychyl, 2000)。而任务结构则可能通过调节过程与结果的延迟时间来影响任务的效用评估。各种人格因素也可能通过影响效用评估从而影响任务决策。例如: 研究发现高拖延特质的个体可能存在系统的评估偏差, 他们更倾向于高估任务的负性过程(Lay, 1992)。此外, 高拖延者对未来结果的预期想象能力确实比低拖延者差(Rebetez et al., 2016)。由此可见, 时间决策模型能够为整合众多拖延的影响因素提供理论框架, 而验证其对自我控制作用机制的预测也是重要的理论扩展。

由于缺乏拖延的实验范式, 一些研究尝试利用跨期选择任务或者反应抑制任务作为替代(Wu, Gui et al., 2016; Wypych et al., 2019), 另一些研究则要求被试报告其对应生活事件的评估或者决策(Raphaël & Mathias, 2022; Zhang, Liu et al., 2019; Zhang et al., 2021)。然而, 这些方式都难以引发拖延者回避任务负性过程的心理, 难以生态地模拟拖延行为。而实验室研究范式的缺乏则长期阻碍了拖延认知神经机制的研究。例如, 虽然大量研究显示拖延特质与旁海马、前额叶等脑区有稳定关联(Chen & Feng, 2022; Zhang, Liu et al., 2019), 但实验室范式的缺乏却使得研究者难以深入探讨此关联的机制。本项目拟基于时间决策模型, 开发出能够揭示拖延决策时神经活动的实验范式。这一研究范式有望成为未来拖延研究的经典范式, 推动拖延决策神经机制的探索。

本项目是将决策理论应用于现实情景的一种尝试。以往的决策研究往往关注时间、概率等单一因素的理想化情景。然而, 现实生活往往涉及多种因素混合的复杂情景(刘扬, 孙彦, 2016; 孙彦, 2011)。本项目所关注的拖延行为便是如此。例如, 过程效用与结果效用便对应了“损失”和“收益”的混合。另外, 由于过程与结果兑现的时间不同, 此情况也对应了复合时间点的决策情景。从决策研究的角度而言, 与现实情景的结合也有助于提出新的研究问题。例如, 过程效用是持续的, 而结果效用是相对瞬时的。人们如何编码持续的奖赏? 如何基于此并做出决策? 这些问题仍有待于更深入的研究。

综合而言, 本项目将基于时间决策模型中“现在做还是以后做”的决策机制, 从认知机制和神经基础两个方面系统地考察“自我控制如何减少拖延决策”。在理论方面, 本项目能够将自我控制失败对拖延行为的解释纳入到时间决策模型的理论框架中。在实践方面, 本项目能够为设计新的拖延干预方案提供理论和实践指导。其中, 认知机制的研究成果能够帮助设计基于自我控制策略的行为训练方案, 而神经基础的研究成果能够为神经刺激及神经反馈训练等干预手段提供更精确和个性化的作用靶点。

参考文献

刘扬, 孙彦. (2016). 时间分解效应及其对跨期决策的影响. *心理学报, 48*(4), 362–370.

倪亚琨, 赵君哲, 李巧灵, 郭腾飞, 王明辉. (2019). 高低拖延者的跨期选择差异: 基于 ERP 的研究. *心理与行为研究, 17*(6), 831–839.

孙彦. (2011). 风险条件下的跨期选择. *心理科学进展, 19*(1), 28–34.

张顺民, 冯廷勇. (2017a). 拖延的决策模型. *心理科学, 40*(5), 1242–1247.

张顺民, 冯廷勇. (2017b). 拖延的认知神经机制与基因: 行为−脑−基因的多角度研究. *心理科学进展, 25*(3), 393–403.

Arifiana, I. Y., Rahmawati, H., Hanurawan, F., & Eva, N. (2020). Stop academic procrastination during Covid 19: Academic procrastination reduces subjective well-being. *KnE Social Sciences*, *4*(15), 312–325.

Balkis, M. (2013). Academic procrastination, academic life satisfaction and academic achievement: The mediation role of rational beliefs about studying. *Journal of*

Cognitive & Behavioral Psychotherapies, *13*(1), 57–74.

Baumeister, R. F., Vohs, K. D., & Tice, D. M. (2007). The strength model of self-control. *Current Directions in Psychological Science*, *16*(6), 351–355.

Bechara, A., Noel, X., & Crone, E. A. (2006). Loss of willpower: Abnormal neural mechanisms of impulse control and decision making in addiction. In Reinout W. Wiers, Alan W. Stacy Eds., *Handbook of implicit cognition and addiction* (pp.215–232). Sage Publications.

Beutel, M. E., Klein, E. M., Aufenanger, S., Brähler, E., Dreier, M., Müller, K. W., ... Stark, B. (2016). Procrastination, distress and life satisfaction across the age range–A German representative community study. *PloS One*, *11*(2), 1–12.

Blunt, A. K., & Pychyl, T. A. (2000). Task aversiveness and procrastination: A multi-dimensional approach to task aversiveness across stages of personal projects. *Personality and Individual Differences*, *28*(1), 153–167.

Chen, Z., & Feng, T. (2022). Neural connectome features of procrastination: Current progress and future direction. *Brain and Cognition*, *161*, 105882. https://doi.org/10.1016/j.bandc.2022.105882

Chen, Z., Liu, P., Zhang, C., & Feng, T. (2019). Brain morphological dynamics of procrastination: The crucial role of the self-control, emotional, and episodic prospection network. *Cerebral Cortex, 30*(5)*,* 2834–2853.

Chen, Z., Liu, P., Zhang, C., Yu, Z., & Feng, T. (2021). Neural markers of procrastination in white matter microstructures and networks. *Psychophysiology, 58*(5), e13782.

Chung, S. J., An, H., & Suh, S. (2020). What do people do before going to bed? A study of bedtime procrastination using time use surveys. *Sleep*, *43*(4), zsz267. https://doi.org/10.1093/sleep/zsz267

Csikszentmihalyi, M. & Larson, R. (2014). Validity and reliability of the experience-sampling method. In Csikszentmihalyi, M. Eds., *Flow and the foundations of positive psychology* (pp. 35–54). Springer Netherlands.

Eckert, M., Ebert, D. D., Lehr, D., Sieland, B., & Berking, M. (2016). Overcome procrastination: Enhancing emotion regulation skills reduce procrastination. *Learning and Individual Differences*, *52*, 10–18.

Evans, J. S. B., & Stanovich, K. E. (2013). Dual-process theories of higher cognition: Advancing the debate. *Perspectives on Psychological Science*, *8*(3), 223–241.

Ferrari, J. R., & Roster, C. A. (2018). Delaying disposing: Examining the relationship between procrastination and clutter across generations. *Current Psychology*, *37*(2), 426–431.

Grunschel, C., Patrzek, J., Klingsieck, K. B., & Fries, S. (2018). "I'll stop procrastinating now!" Fostering specific processes of self-regulated learning to reduce academic procrastination. *Journal of Prevention & Intervention in the Community*, *46*(2), 143–157.

Gustavson, D. E., & Miyake, A. (2017). Academic procrastination and goal accomplishment: A combined experimental and individual differences investigation. *Learning and Individual Differences*, *54,* 160–172.

Gustavson, D. E., Miyake, A., Hewitt, J. K., & Friedman, N. P. (2014). Genetic relations among procrastination, impulsivity, and goal-management ability implications for the evolutionary origin of procrastination. *Psychological Science*, *25*(6), 1178–1188.

Hare, T. A., Camerer, C. F., & Rangel, A. (2009). Self-control in decision-making involves modulation of the vmPFC valuation system. *Science, 324*(5927), 646–648.

Hen, M., & Goroshit, M. (2018). General and life-domain procrastination in highly educated adults in Israel. *Frontiers in Psychology*, *9*, 1173. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01173

Hofmann, W., Friese, M., & Roefs, A. (2009). Three ways to resist temptation: The independent contributions of executive attention, inhibitory control, and affect regulation to the impulse control of eating behavior. *Journal of Experimental Social Psychology*, *45*(2), 431–435.

Hofmann, W., Friese, M., & Strack, F. (2009). Impulse and self-control from a dual-systems perspective. *Perspectives on Psychological Science*, *4*(2), 162–176.

Hu, Y., Liu, P., Guo, Y., & Feng, T. (2018). The neural substrates of procrastination: A voxel-based morphometry study. *Brain and Cognition*, *121*, 11–16. https://doi.org/10.1016/j.bandc.2018.01.001

Kelly, S. M., & Walton, H. R. (2021). "I'll work out tomorrow": The procrastination in exercise scale. *Journal of Health Psychology*, *26*(13), 2613–2625.

Khalid, A., Zhang, Q., Wang, W., Ghaffari, A. S., & Pan, F. (2019). The relationship between procrastination, perceived stress, saliva alpha-amylase level and parenting styles in Chinese first year medical students. *Psychology Research and Behavior Management*, *12*, 489–498. https://link.gale.com/apps/doc/A622150964/AONE?u=anon~91b1442f&sid=googleScholar&xid=fa00e96a

Klingsieck, K. B. (2013). Procrastination in different life-domains: Is procrastination domain specific? *Current Psychology*, *32*(2), 175–185.

Lay, C. H. (1992). Trait procrastination and the perception of person-task characteristics. *Journal of Social Behavior and Personality*, *7*(3), 483–494.

Liu, P., & Feng, T. (2017). The overlapping brain region accounting for the relationship between procrastination

and impulsivity: A voxel-based morphometry study. *Neuroscience*, *360*, 9–17. https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2017.07.042

Liu, P., & Feng, T. (2019). The effect of future time perspective on procrastination: The role of parahippocampal gyrus and ventromedial prefrontal cortex. *Brain Imaging and Behavior*, *13*(3), 615–622.

Metin, U. B., Peeters, M. C., & Taris, T. W. (2018). Correlates of procrastination and performance at work: The role of having "good fit". *Journal of Prevention & Intervention in the Community*, *46*(3), 228–244.

Morawetz, C., Bode, S., Derntl, B., & Heekeren, H. R. (2017). The effect of strategies, goals and stimulus material on the neural mechanisms of emotion regulation: A meta-analysis of fMRI studies. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 72*, 111–128. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2016.11.014

Osaka, N., Osaka, M., Kondo, H., Morishita, M., Fukuyama, H., & Shibasaki, H. (2004). The neural basis of executive function in working memory: An fMRI study based on individual differences. *Neuroimage, 21*(2), 623–631.

Procee, R., Kamphorst, B. A., van Wissen, A., & Meyer, J. -J. (2013). *A formal model of procrastination*. The Proceedings of the 25th Benelux Conference on Artificial Intelligence (BNAIC 2013), 152–159 https://dspace.library.uu.nl/handle/1874/308716

Przepiórka, A., Błachnio, A., & Siu, N. Y. -F. (2019). The relationships between self-efficacy, self-control, chronotype, procrastination and sleep problems in young adults. *Chronobiology International*, *36*(8), 1025–1035.

Raphaël, L. B., & Mathias, P. (2022). A neuro-computational account of procrastination behavior. *Nature Communications*, *13*(1), 1–16.

Rebetez, M. M. L., Barsics, C., Rochat, L., D'Argembeau, A., & van der Linden, M. (2016). Procrastination, consideration of future consequences, and episodic future thinking. *Consciousness and Cognition*, *42*, 286–292. DOI: 10.1016/j.concog.2016.04.003

Sirois, F. M. (2015). Is procrastination a vulnerability factor for hypertension and cardiovascular disease? Testing an extension of the procrastination - health model. *Journal of Behavioral Medicine*, *38*(3), 578 - 589.

Sirois, F., & Pychyl, T. (2013). Procrastination and the priority of short - term mood regulation: Consequences for future self. *Social & Personality Psychology Compass*, *7*(2), 115–127.

Steel, P. (2007). The nature of procrastination: A meta-analytic and theoretical review of quintessential self-regulatory failure. *Psychological Bulletin*, *133*(1), 65–94.

Steel, P., & Ferrari, J. (2013). Sex, education and procrastination: An epidemiological study of procrastinators' characteristics from a global sample. *European Journal of Personality*, *27*(1), 51–58.

Steel, P., & Klingsieck, K. B. (2016). Academic procrastination: Psychological antecedents revisited. *Australian Psychologist*, *51*(1), 36–46.

Steel, P., & König, C. J. (2006). Integrating theories of motivation. *Academy of Management Review*, *31*(4), 889–913.

Tangney, J. P., Baumeister, R. F., & Boone, A. L. (2004). High self - control predicts good adjustment, less pathology, better grades, and interpersonal success. *Journal of Personality*, *72*(2), 271–324.

Tanji, J., & Hoshi, E. (2008). Role of the lateral prefrontal cortex in executive behavioral control. *Physiological Reviews*, *88*(1), 37–57.

Tice, D. M., & Bratslavsky, E. (2000). Giving in to feel good: The place of emotion regulation in the context of general self-control. *Psychological Inquiry*, *11*(3), 149–159.

van Eerde, W. (2003). A meta-analytically derived nomological network of procrastination. *Personality and Individual Differences*, *35*(6), 1401–1418.

van Eerde, W., & Klingsieck, K. B. (2018). Overcoming procrastination? A meta-analysis of intervention studies. *Educational Research Review*, *25*, 73–85.

Visser, L., Schoonenboom, J., & Korthagen, F. A. (2017). A field experimental design of a strengths-based training to overcome academic procrastination: Short-and long-term effect. *Frontiers in Psychology*, *8*, 1949. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01949

Wang, B., Liu, Y., Qian, J., & Parker, S. K. (2020). Achieving effective remote working during the COVID - 19 pandemic: A work design perspective. *Applied Psychology*, *70*(1), 16–59.

Wu, H., Gui, D., Lin, W., Gu, R., Zhu, X., & Xun, L. (2016). The procrastinators want it now: Behavioral and event-related potential evidence of the procrastination of intertemporal choices. *Brain and Cognition*, *107*, 16–23.

Wu, Y., Li, L., Yuan, B., & Tian, X. (2016). Individual differences in resting-state functional connectivity predict procrastination. *Personality and Individual Differences*, *95*, 62–67.

Wypych, M., Michałowski, J. M., Droździel, D., Borczykowska, M., Szczepanik, M., & Marchewka, A. (2019). Attenuated brain activity during error processing and punishment anticipation in procrastination–A monetary Go/No-go fMRI study. *Scientific Reports*, *9*(1), 1–11.

Xu, T., Sirois, F. M., Zhang, L., Yu, Z., & Feng, T. (2021). Neural basis responsible for self-control association with procrastination: Right MFC and bilateral OFC functional

connectivity with left dlPFC. *Journal of Research in Personality*, *91*, 104064. https://doi.org/10.1016/j.jrp.2021.104064

Zhang, S., Becker, B., Chen, Q., & Feng, T. (2019). Insufficient task - outcome association promotes task procrastination through a decrease of hippocampal–striatal interaction. *Human Brain Mapping*, *40*(2), 597–607.

Zhang, S., & Feng, T. (2020). Modeling procrastination: Asymmetric decisions to act between the present and the future. *Journal of Experimental Psychology: General*, *149*(2), 311–322.

Zhang, S., Liu, P., & Feng, T. (2019). To do it now or later: The cognitive mechanisms and neural substrates underlying procrastination. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, *10*(4), e1492. https://doi.org/10.1002/wcs.1492

Zhang, S., Verguts, T., Zhang, C., Feng, P., Chen, Q., & Feng, T. (2021). Outcome value and task aversiveness impact task procrastination through separate neural pathways. *Cerebral Cortex*, *31*(8), 3846–3855.

Zhang, W., Wang, X., & Feng, T. (2016). Identifying the neural substrates of procrastination: A resting-state fMRI study. *Scientific Reports*, *6*(1), 1–7.

The cognitive mechanism and neural substrates enabling self-control to reduce the decision to procrastinate

ZHANG Shunmin, LI Keqian

(*Department of Psychology and Behavioral Science, Zhejiang University, Hangzhou* 310058, *China*)

Abstract: Procrastination frequently hinders individuals, enterprises, and governments from completing tasks as planned, harming work efficiency, academic achievement and, medical treatments. Self-control is the primary approach that allows people to overcome procrastination independently but is a relatively limited cognitive resource. Hence, if researchers have clarified how self-control successfully inhibits procrastination, people could utilize self-control more efficiently. However, most researchers only investigate correlations among self-control, procrastination, and neural measures because of the lack of appropriate cognitive models and procrastination paradigms for neuroimaging studies. The temporal decision model proposed by the author has revealed how people decide to procrastinate, providing theoretical supports for studying the cognitive mechanism and developing procrastination paradigms for neuroimaging studies. Based on the temporal decision model, the present study intends to: (1) investigate the cognitive mechanism with both cross-sectional and longitudinal studies, and identify practical ways for self-control to reduce the decision to procrastinate; (2) develop a procrastination paradigm for neuroimaging studies, and investigate the neural substrates enabling self-control to reduce the decision to procrastinate with multimodal MRI; (3) test whether stimulation over self-control brain regions could reduce the decision to procrastinate and its implicated mechanism. This work is likely to provide a comprehensive framework and new approaches for reducing procrastination.

Keywords: self-control, procrastination, delay discounting, cognitive mechanism, neural substrates